大規模アンサンブル予測実験における日本周辺冬季の爆弾低気圧の将来変化

金沢大学　学生会員　○高裕也
金沢大学　正会員　二宮順一

1. 序論

IPCC 第 5 次評価報告書[1]によると，地球温暖化の進行に伴った台風の強化の可能性が指摘されている．極端現象の評価は，イベントの発生数が少なく災害リスクを評価することは困難である．従来の全球モデルを用いた地球温暖化影響評価は積分期間が 60 年程度であることや空間解像度が 100km であることから，低頻度で強い極端現象の評価ができなかった．そこで，本研究ではアンサンブル数が極めて多く，5,000 年以上の長期積分が可能であるデータセット database for Policy Decision making for Future climate change(d4PDF)[2]の領域モデル実験結果（水平解像度 20km）を用いて冬季における高潮・高波を引き起こす爆弾低気圧の解析を行った. d4PDF の現在気候における信頼性を再解析データ JRA55(Japanese 55-year Reanalysis)[3]と比較して評価するとともに，将来気候における統計的変動量を明らかにすることを目的とする．

2. 解析手法

(1) データセットの概要

本研究では，JRA55 および日本周辺域 d4PDF を用いた．JRA55 の空間解像度は 1.25°×1.25°，時間解像度は 6 時間である．日本周辺域 d4PDF は 0.2°×0.2°の 1 時間で与えられている．d4PDF の気候条件は以下の 2 種類について行った．

(i) 現在気候：1950～2010 年×50 メンバ（合計 3,000 年）
(ii) 将来気候：2050～2110 年×90 メンバ（合計 5,400 年）

ただし，JRA55 と d4PDF の比較は 1958～2010 年を対象とした．

(2) 爆弾低気圧の抽出方法

各データセットの 11 月～2 月の冬季を対象として海面更生気圧（slp）データから爆弾低気圧のトラックデータを作成した．低気圧の中心は，JRA55 では周囲 8 グリッドの slp 平均値よりも 1.0hPa 以上小さい点と定義し，d4PDF は東西南北に 7 グリッド離れた地点における平均値よりも 1.0hPa 以上小さい点と定義した．タイムスライス毎に低気圧中心を抽出し，1 ステップ後に最も近い地点を同一の低気圧として，低気圧の時間変化を追跡した．追跡された低気圧のうち，24 時間以上追跡が可能であった低気圧についてのみ解析を行った．更にここから，中心気圧の低下率，

$$\frac{p(t-12)-p(t+12)}{24}\times\frac{\sin 60^\circ}{\sin\varphi(t)}$$

の最大値が 1.0 以上のものを爆弾低気圧とした．ここで，pは海面更生気圧，tは時間，φは緯度を示している．

3. 現在気候における d4PDF の信頼性の評価

JRA55 と d4PDF の平均的な月別気圧場を比較するため，比較期間における slp に関する月別 EOF 空間分布の 1st-mode を比較した．梅雨前線や秋雨前線の影響が大きい 6 月と 10 月では相関係数が 0.51, 0.77 となったものの，その他の月ではいずれも 0.8 を上回り，平均場においては高い信頼性があるものと判断される．

爆弾低気圧の発生頻度を比較した結果，解析期間において JRA55 で 525 個, d4PDF アンサンブル平均では 475.1 個と d4PDF が過小評価となった．また，月別では，11 月の発生頻度はほぼ一致していたが，その他の月では d4PDF のほうが過小評価となった．これは，主にデータ同化の有無の影響によって過小評価となったと考えられる．

次に，爆弾低気圧の再現性を比較するため，最低中心気圧の分布を比較した．JRA55，d4PDF における最低中心気圧の分布形状は類似しているが，気圧が小さなところでは JRA55 との差が大きくなる傾向が得られた. これは, データ同化の有無による影響が大きく，気象モデル自体の再現性に関する課題であると考えられる．ただし，分布の形状の類似性から，台風将来変化予測研究と同様に，バイアス補正が適用できるものと考えられる．

最後に，爆弾低気圧の通過位置の信頼性について比較するため，通過密度を算出して比較した．全体的に

d4PDF がやや過大評価となったが, これは d4PDF の高時間解像度による中心位置のばらつきによる影響だと考えられる．しかし，相関係数が 0.71 と大きく，傾向は捉えていることを確認した.

4. 爆弾低気圧の将来変化

まず，発生頻度について比較した．現在気候のアンサンブル平均では 544.6 個, 将来気候では 511.3 個と将来において爆弾低気圧の数が減少する傾向があることがわかった．月別においても将来気候においてすべての月で減少する傾向が示された．これは，台風の先行研究でも将来において減少する傾向が指摘されており，爆弾低気圧についても同様な結果を得た [4].

次に，被災場所に直結する通過位置についての比較を行った．通過密度による解析の結果，日本列島東部において数が減少するが，北東部において増加する傾向を示した．よって，将来気候において爆弾低気圧の通過位置が高緯度にシフトし，日本列島を通過する数が増加する可能性があることが考えられる.

さらに，被災場所に関係する最低中心気圧の分布を比較した（図-1）. 最低中心気圧が 975hPa 以上では現在気候のほうが大きくなり，それ以下では将来気候の方が大きくなっていることがわかる．これは，将来的には爆弾低気圧の数は減少するが，台風並みの強い爆弾低気圧の割合が増加する傾向を示している．台風の温暖化による将来変化に関する先行研究と同様に，爆弾低気圧についても全体数は減るものの，強い割合は増える傾向が本研究から得られた [4]．月別には，11，12 月で上記の傾向が特に強く示されていることが全体の傾向に影響を与えたことが原因と考えられる.

最後に，爆弾低気圧のトラックデータから2つの経路に大別することができた．1つは太平洋上を通過する経路（type-P），もう1つは日本海側などから発生し日本列島を通過する経路（type-J）である．その経路別の解析結果として，type-Pにおいて現在気候では255.3個, 将来気候では220.9個と減少する傾向を示した．それに対してtype-Jにおいて，現在気候では286.1個であったのに対して，将来気候では290.4個と若干ではあるが増加する傾向を示した．type-Jについて最低中心気圧について解析し，その結果も含めると将来において，日本列島を通過する爆弾低気圧の数が増加し, さらには強い爆弾低気圧の割合が増加する可能性があることがわかった. 代表経路が高緯度にシフトする可能性があるとさきほど述べたが, これは温暖化に伴い日本列島を通過する爆弾低気圧の増加および太平洋上を通過する爆弾低気圧の減少が原因と考えられる.

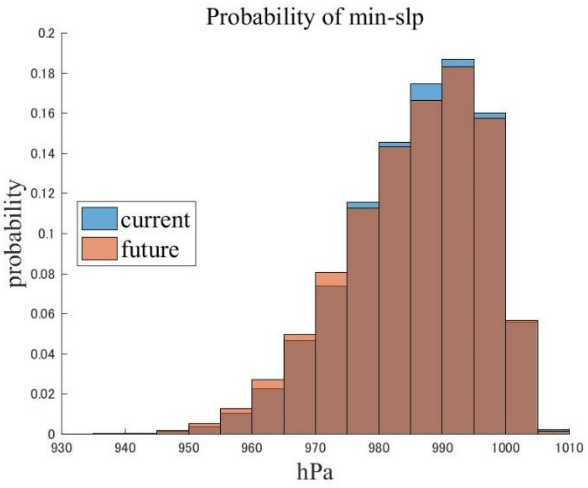

図-1 爆弾低気圧の最低中心気圧分布

5. 結論

d4PDF における現在気候の信頼性を評価したところ，気圧の月平均場は良好な結果を得たが，爆弾低気圧はデータ同化，空間・時間解像度によってバイアスがみられた．したがって，利用に関してはバイアス補正等の対応が必要となる．また，温暖化の影響によって，日本周辺冬季の爆弾低気圧の数が減少するが，台風並みに強い爆弾低気圧の割合が増加する可能性があることがわかった．また，経路別の解析の結果，日本を通過する爆弾低気圧の数が増加し，強い爆弾低気圧の割合も増加する可能性があることもわかった.

参考文献

1） IPCC 第 5 次評価報告書第 1 作業部会報告書政策決定者向け要約：気象庁，2014.
2） d4PDF ： 地球温暖化対策に資するアンサンブル気候予測データベース，https://www.miroc-gcm.jp/ pub/d4PDF，2016 年 12 月現在
3） JRA-55 project，http://jra.kishou.go.jp/JRA-55/index_ja.html, 2016 年 12 月現在.
4） 森信人・志村智也・吉田康平・水田亮・岡田靖子・Khujanazarov Temur・石井正好・木本昌秀・高薮出・中北英一(2016)：全球 60kmAGCM を用いた大規模アンサンブル気候予測実験とこれを用いた高潮長期評価, 海岸工学論文集(B2), Vol.72, No.2，I_1471-I_1476.
5） Yoshida, A. and Y. Asuma., (2004): Strctures and Environment of Explosively Developing Extratropical Cyclones in the Northwestern Pacific Region. Mon. wea. rev., 132, 1121-1142